

制储运加氢站网络与燃料电池构成循环储能全产业链

沈军

(玉溪能投佳亨燃气产业有限公司, 云南玉溪, 653100)

摘要：文章从能源的发展规律中找到了氢能源必将替代石油能源，从能源与汽车的结合点中找到了加氢站需要替代加油站这一关键环节，发明了多储氢瓶交替循环加氢站技术，与再生能源制氢和燃料电池汽车对接构成循环储能，留住了再生能源，解决了其间歇性问题。具有整合各种原料制氢、输送电网、电解水制氢机、压缩机、燃料电池汽车等资源在各地的复制性，达到了与石油能源终端加油站相同的工艺流程，证明加氢技术的可行性；重点做了储氢瓶拖车、加氢机两种终端设备，采用石油公司成功秘诀“终端为王”的思想理念，与银行合作，可以“独占”氢能源和燃料电池汽车终端上万亿的市场份额，在各城市周围安装6种设备就可以销售氢能源和代理销售燃料电池汽车，解决了制氢、储氢、运氢、加氢等一系列难题；接着加入“联盟”组织，公布技术路线，避免大家重复研发，依靠国家级平台，与标委会对接，开展“氢城氢国”运动，当我国每一个城市都复制成功后，中国就可率先进入“氢能社会”。

1技术创新适应能源发展规律

化石能源碳氢比的变化为：煤（1

：1）→石油（1：2）→天然气（1：4）→H₂

，脱碳不断加速，含氢越来越高，直到纯氢，我们知道这已成为能源发展的自然规律和趋势。毋庸置疑，投资氢能源一定是正确的投资方向，如找到最佳切入点投资，一定能得到高额回报。

为迎接21世纪终极能源的到来，我们研发制储运加氢站网络技术路线。其中：制，就是制氢工厂，产品分别是压缩H₂和液化H₂，是氢能源产业的上游；储运，就是压缩H₂

（液态氢），用储氢瓶（低温储罐）存储，用储氢瓶（低温储罐）拖车运输；加氢站，就是储氢瓶（低温储罐）拖车向加氢站提供气源，经加氢站

上的加氢机（计量），对燃料电池汽车上的储氢瓶加满H₂

；加氢站网络，就是一个制氢工厂（母站）对应供几个加氢站（子站）的气源，或几个制氢工厂对应供更多加氢站的气源所形成的加氢站网络，是氢能源产业的下游终端。

制储运加氢站网络与燃料电池储氢瓶构成快速循环储能全产业链^[1]

，把能源和汽车两大产业终端连接起来，可以从化石能源制氢过渡到再生能源电解水制氢，实现从化石能源向非资源型能源的转型升级。其本质就是在人们身边周围不远处（如：每个城市周围），就可以完成生产能源、储运能源、销售能源、消耗能源的一种技术方案，借助燃料电池上的储氢瓶储能与耗能，实现全产业链循环储能一直能“快速”循环下去。

解决问题的关键点在于加氢站的加氢速度和加氢量，达到加油站的“快速”、“简单”“服务车辆多”的要求。让制氢、储氢、运氢、加氢、耗氢之间每一个环节相互循环与匹配，适应氢能源与燃料电池汽车两大产业快速增长的需求。其结果是：解决了制氢、储存、运输、加氢及再生能源间歇性等一系列难题。同时给光伏、风电、核能、水电产业带来了巨大商机。

随着各国禁止燃油汽车上路时间表的推出，氢能源替代石油能源的速度愈来愈快，未来的加氢站将替代全球数以百万个加油站，市场规模上万亿，谁有这项专利技术，与资金结合推广开来，谁就“独占”氢能制储运加氢站网络与燃料电池构成循环储能全产业链源和燃料电池汽车（含分布式能源）全产业链终端市场。

2能源与汽车两大产业的结合点

（1）石油与燃油汽车的结合点是石油产业下游终端的加油站网络，对燃油汽车上的油箱加满油。

（2）天然气与天然气汽车的结合点是天然气产业下游终端的加气站网络^[2]，对天然气汽车上的储气瓶（分别是CNG和LNG储气瓶）加满天然气^[3]。

燃料电池由“发电”和“储能”两部分组成，燃料电池储能装置就是储氢瓶，如同燃油汽车和天然气汽车上的油箱

和储气瓶一样储存能源。

燃料电池设备固定在某一地方为人们提供电源，即分布式能源，加氢站终端网络应该是移动的，制储运加氢站网络与燃料电池储氢瓶构成了清洁能源供应系统，属于能源领域。当燃料电池安装在汽车上就是燃料电池汽车，也还可以是移动的分布式能源，但燃料电池汽车属于汽车领域，与其配套的加氢站终端可以是移动的也可以是固定的^[4]。

(3) 氢能源与燃料电池汽车的结合点是氢能源下游终端的加氢站网络，对燃料电池汽车上储氢瓶（现在是压缩氢储氢瓶、未来是液态氢储氢瓶）加满H₂。

(4) 可以看出能源与汽车的结合点是加油站、加气站、加氢站，也就是连接能源与汽车全产业链的关键环节，加氢站技术上“一点突破”，会使氢能源与燃料电池汽车两大产业“全面开花”。

3现有的天然气加气站工艺流程

3.1管道天然气加气母站

管网中的天然气→计量→脱水→去硫化物→缓冲罐→压缩机加压→对20MPa气瓶拖车充气。

3.2母站对应的子站

20MPa气瓶拖车→卸气→加压→站内气瓶组→加气机→对CNG汽车加气。

3.3天然气管网上的常规加气站

管网中的天然气→计量→脱水→去硫化物→缓冲罐→压缩机加压→站内气瓶组→加气机→对CNG汽车加气。

4两种加氢站技术简介

4.1站内制氢供氢加氢站技术

来源于天然气管网常规

加气站原理，即加氢站内有制氢设备（如天然气重整制氢）产生H₂（相当于天然气管道输送来的气源）和加气站设备的组合。

4.1.1工艺流程

产生H₂的原料（天然气）→站内制氢设备产生的H₂→经压缩机加压→到站内储气瓶组→加气机→对氢燃料电池汽车加H₂。

北京2008奥运会的加氢站，属于站内制氢

供氢加氢站类型，占地4000m²

，制氢原料是管网内的天然气，站内制氢技术要求比较高，制氢和加氢两种设备组合占地面积大。

4.2外供氢加氢站技术

来源于天然气母站和子站原理，即从外面制氢工厂（相当于天然气母站提供气源），经加氢站（子站）二次加压完成对外加气。

4.2.1工艺流程

从外面制氢工厂运来的H₂→卸气→压缩设备二次加压→到站内储气瓶组→加气机→对氢燃料电池汽车加H₂。

上海安亭加氢站，属于外供氢加氢站，用储氢瓶拖

车运来的H₂，在加氢站需要二次加压，压缩设备和站内储气瓶组占地面积较大，技术操作要求比较高。

5两种加氢站技术难以大规模复制

我国最早在北京、上海各建了一个加氢站，为我们做出了榜样，提供了宝贵的经验和技術路线，需要我们承前启后、发扬光大。纵观世界各国加氢站建设速度也很慢，每年数量上也就是几个或几十个地递增，全球加氢站总数到发稿为止也才248个（含中国10个）。与氢燃料电池汽车配套的加氢站基础设施建设严重滞后，制约了氢燃料电池汽车的发展，这也是一个世界性难题。

现在的两种加氢站技术，和加油站相比所涉及的设备多、操作复杂，工艺步骤和规格不统一。需要创新研发出下一代多储氢瓶交替循环加氢站技术，实现可以标准化大规模复制的要求。

6独创的多储氢瓶交替循环加氢站技术^[5]

笔者从事LNG液化工厂、CNG加气站和LNG加气站研发工作多年，深知未来氢能源终端产品也一定是压缩氢和液态氢两种产品，在外供氢加氢站技术基础上，引入加油站技术路线，把二者相结合再次创新，开发出多储氢瓶交替循环加氢站技术，即“多气瓶交替循环”加气技术，技术原理通过了实际操作验证。其结论是：当大储气瓶的气体压力大于小储气瓶额定工作压力5MPa以上时，用25MPa储气瓶拖车上“大”的“多气瓶”，用气体之间的压力差“交替循环”，对小气瓶充满额定工作压力为20MPa是可行的见下图。



实验实物图片

多储氢瓶交替循环加氢站技术是由储氢瓶拖车（车上储氢瓶分成多个气瓶）和加氢机两种设备组成。储氢瓶拖车在加氢站和制氢厂之间循环运输与供气^[6]

，就如

同油罐运油车

在炼油工厂（油库）和加油

站之间循环运输与供油，依靠储氢瓶（拖车上的）内的

压缩H₂

自身压力，通过加氢机计量智能化，无需任何外部设备，独自完成对燃料电池汽车上“小”的储氢瓶，加满额定工作压力的H₂，就可以不再需要任何动力设备做功，对其进行二次加压，节省了设备投入和工艺步骤。

多储氢瓶交替循环加氢站技术来源于外供氢加氢站和加油站的技术，最终超越加油站的技术效果，没有了类似加油

站的油泵、地下油罐设备和油泵做功卸车、加油等工艺步骤。只有类似加油站的油罐运油车和加油机，即储氢瓶拖车和加氢机。

多储氢瓶交替循环加氢站技术，用87.5MPa左右的储氢瓶（国内已能生产，其容积越大加气效果越好，我们融资就是把它做到极致，成为我们的核心产品）拖车，在制氢厂和加氢站之间往返运输，为加氢站提供气源，可以分别加满储氢瓶额定工作压力是30MPa、70MPa的燃料电池汽车。

储存、运输、加H₂

三个工艺步骤都采用87.5MPa左右的储氢瓶拖车，对氢能源下游终端设备进行了统一，即储运加氢站网络终端设备，就是两种可以标准化规模化生产的设备：储氢瓶拖车和加氢机（其技术原理在我们手中，实验非常完美，90MPa电磁阀国际顶级厂家能生产，融资做没有风险，也是我们的核心产品）。

多储氢瓶交替循环加氢站技术，国家专利局全球检索，属中国首创，授予国家发明专利权，可以对应几十台加氢机同时对外加气，解决了加氢速度和加氢量的问题。加氢站服务燃料电池汽车的数量超过加油站服务燃油车的数量，达到了“快速”的要求；对燃料电池汽车上的储氢瓶加满H₂，其实质就是快速储存H₂，即储能^[7]。

7多储氢瓶交替循环加氢站技术符合石油公司“终端为王”的成功理念

石油公司成功的做法是：把复杂的炼油过程即生产柴油、汽油工厂都放在上游，产品通过运输至下游。下游终端加油站设备与操作非常简单，人们复制起来非常容易，加油站可以遍地开花，燃油车加油非常方便，石油公司通过终端加油站设备占领了柴油、汽油终端市场。任何企业购买终端设备都可以建加油站，复制推广起来非常容易。

7.1加油站工艺流程

油罐运油车→到站经泵卸车至站内油罐中→站地下油罐→泵（提供动力）→加油机→燃油汽车；油罐运油车在加油站要呆上一段时间，油罐运油车上的油罐内燃油经泵卸车后，油罐运油车才能离开。

加油站是把大油罐中的燃油通过油泵做功，对燃油汽车上的小油箱加满燃油。

加油站终端设备有：油罐运油车、地下油罐、油泵（提供动力）、加油机4种设备。

加油站属于一次性投资，以后每年都有利润，盈利愈来愈高，终生经营。这就是“终端为王”的成功秘诀，除非将来有其它新能源替代它，这就是我们要学习它如何成功的目的。

7.2加氢站工艺流程

储氢瓶拖车→加氢机→燃料电池汽车

；储氢瓶拖车到站，拖车头卸下装满H₂

的储氢瓶挂车，快速接头连接，拉着“空的”储氢瓶挂车就走。没有了动力设备，操作比加油站更容易。

加氢站是把大储氢瓶中的H₂，无动力智能化快速对燃料电池汽车上的储氢瓶加满H₂。

加氢站终端两种设备有：储氢瓶拖车、加氢机。

氢能源的下游终端和石油能源下游终端相比，少了两种设备。我们的多储氢瓶交替循环加氢站技术，做到了比加油站更简单、更安全、更方便、更高效，占地面积更小，才能在未来替代加油站，占据加油站巨大的市场规模；终端设备越少越简单，越简单越容易标准化，只有两种设备，有利于标准化大规模生产，做到极致。

8多储氢瓶交替循环加氢站技术整合资源能力强同时具备很强的复制性

不管是何种资源何种方式制氢，都能与多储氢瓶交替循环加氢站技术衔接成储运加氢站网络，终端是一样的，如同石油能源终端加油站一样。将来全球各地的加氢站到处都是和加油站一样的工艺流程，人们容易接受这样的加氢站，能推广开来。

8.1对接化石能源

目前，国家能源投资集团，其煤化工板块年产超过400万tH₂

，已具备能供应4000万辆燃料电池乘用车的制氢能力，世界排名第一，作为国家进入“氢能社会”的主力军，牵头成立了中国氢能源及燃料电池产业创新战略联盟，“振臂一呼，应者云集”，为国家氢能源发展战略布局做了一件大事。

国家大集团有实力采用终端产品是压缩氢和液态氢两种生产方式，采用多储氢瓶交替循环加氢站技术建立氢能供应链^[8]，适合各种远近距离运输，可以辐射全国各地，其工艺流程是：

(1) 煤炭制氢→储氢瓶拖车→加氢机→燃料电池汽车储氢瓶（近距离方案）。

(2) 煤炭制氢液化→低温储罐拖车→城市周围气化
成压缩H₂→储氢瓶拖车→加氢机→燃料电池汽车储氢瓶（远距离方案）。

8.2对接再生能源

与上游再生能源制氢产业和燃料电池汽车产业对接形成一个循环储能，留住了再生能源才具有更大的商业价值；可以整合国内太阳能、风能、水电、核能等优质资源，工艺流程如下：

再生能源发电→输送电网→PEM电解水制氢→压缩机（相当于4种设备构成的制氢厂）→储氢瓶拖车→加氢机→燃料电池汽车储氢瓶。

具体就是可以在每个城市周围建立
再生能源制氢厂，为城内多个加氢站提供H₂
，上游制氢和下游终端加氢站（包含燃料电池汽车）可以模块化增加，使得制氢量和H₂消耗量随时相互匹配。

利用燃料电池汽车储氢瓶存储H₂能源，实际上就是储存再生能源，H₂
只一个能源中间载体；燃料电池汽车道路行驶，又消耗H₂
能源，可以循环到加氢站去加满H₂；有了燃料电池汽车循环储存与消耗H₂
能源这样一个环节，才能让下面的全产业链5个环节循环进行下去。

(1) 制氢厂对应多个加氢站，储氢瓶拖车在制氢厂和加氢站之间循环运输。

(2) 在加氢站上“多气瓶”对应多台加氢机，也就是循环对外加气。

(3) 再生能源发电也是循环生产的；制氢也是循环生产的。

(4) 电解水制氢，燃料电池消耗H₂放电又产生水，水与H₂也是循环的。

(5) 全产业链6个循环过程没有污染，是循环储能的最佳方式，解决了再生能源间歇性存储难题。

在每个城市周围建制氢厂，用储氢瓶拖车向城内多个加氢站提供氢源，就近生产、就近运输、就近加气、就近存储、就近消耗，解决了H₂制取、储存、运输、加氢等一系列难题。

8.3解决氢能源便宜的问题

国家能源投资集团，其煤制氢路线，成本是天然气制氢成本的70%~80%，是重油或石脑油制氢成本的60%~70%，产量大，有价格优势。

目前光伏发电、风能发电成本很低，电价0.45元/kWh，整体加氢站设备折旧0.5元/m³，按照4kWh电生产一标方H₂，11标方H₂一千克价格为41.8元，一千克H₂可以让燃料电池汽车行驶100km，每公里耗费金额是0.418元，比化石能源便宜，也解决了各地弃光、弃风、弃核、弃水电等浪费现象。如用弃电，电价更便宜。

这里只是举例说明，氢能源价格实际上或高或低，但是受大气环境压力的驱使，我们一定会走再生能源制氢这条技术路线的。

8.4具有全球各地的复制性

采用再生能源制氢可以不再依靠化石能源，就地取材、就地生产、就地销售；整个工艺流程只有6个步骤，7种设备。我们只需独家生产储氢瓶拖车和加氢机两种设备，其他设备可以合作生产，就能把再生能源发电、输电网、电解水制氢机、压缩机、燃料电池汽车连接起来，形成一个能源与汽车的全产业链。在世界各地安装6种设备就能生产与销售H₂能源和代理销售燃料电池汽车；其市场前景可以通过下表对比看出，氢能替代石油是可行的。

石油与氢能工艺流程对比表

能源名称	上游生产	产品运输	下游终端
石油	原油运输至 某地炼油厂	油罐 运油车	地下油罐、 泵、加油机
氢能	每个城市 再生能源制氢厂	储氢 瓶拖车	储氢瓶拖车、 加氢机

世界各地每个城市周围都有再生能源和水，建立“互联网+加氢站”平台^[9]

，采用平台模式运作，在互联网上预约销售燃料电池汽车，解决了“先有蛋还是先有鸡”的制约瓶颈。根据销售规模在最需要的地方安装我们的7种设备，就可以建立制氢储运加氢站网络，销售我们的氢能源了。这个氢能源终端网络如同现在的石油能源加油站终端一样，在没有新的能源替代下始终是我们的，终生一直盈利下去；石油公司现在的盈利模式就是我们未来的成功模式。

9争取领先世界各国进入“氢能社会”

当前，燃料电池汽车技术暂时落后于日本、美国、德国，但是我们的氢能源技术属于世界首创。加入中国氢能源及燃料电池产业创新战略联盟，成为其中的一员，与国家标准委员会对接，学习各成员单位最新前沿技术，整合资源，依靠联盟的力量，为国效力；参与对日本、美国、德国、韩国等国氢能领域中的竞争，用领先的氢能源技术带动燃料电池汽车技术向前均衡发展。用我国的制度优势，在一个城市建立制储运加氢站网络与燃料电池储氢瓶，构成快速循环储能样板工程。取得成功后，总结经验，完善标准，就可以在全国复制，开展“氢城氢国”运动。当我国省级34个、地级333个、县级2862个共计3229个城市（2004年统计）都复制了，中国就领先世界各国率先进入了“氢能社会”。

10与资本对接是快速进入“氢能社会”的重要因素

面对能源的转型升级，氢能源的到来，在能源领域中又进行了一次“洗牌”，这次到来的氢能源是一个技术资金密集型产业，谁拥有了技术且是唯一的，终端市场份额也就属于谁的。具体就是：我们拥有国内3229个城市独家经营权（专利授权），全国的每个城市的市场份额都在我们手中，市场盈利空间足够大，时间足够长，融资偿还能力就有保障；剩下的就是募集资金和召集人才加入不断复制扩大，再复制、再扩大，一直复制下去，如同“钱生钱”的银行一样，在每个城市中复制。

融资模式多种多样，选择哪一种融资方式，有待探讨。

银行只要看我们的市场份额有多大，是不是独家经营，是否符合国家的发展前景，是否能带动能源和汽车两大产业向前发展，盈利能力是否持久到终生，即一次投资终生盈利。

与我们合作的银行将成为名副其实的“氢能源银行”，技术和资金二者结合，就可以在全国及全球范围，开展氢能源生产与销售和代理燃料电池汽车销售，我们获取氢能源和燃料电池汽车销售利润偿还银行投资。

(1) 前期贷款（利率高些），首先招聘国内外顶级人才，独家生产大储氢瓶和加氢机，合作生产其他6种设备，取得燃料电池汽车代理销售权。例如：前期贷款10亿元人民币，专做世界顶级大储氢瓶（储氢瓶拖车用），贷款利率可以是16%，具体利息待商定；以此类推加氢机也是这样复制，设备定型能生产就进入后期：氢能源产业大规模复制。

(2) 后期贷款（正常利率），实际出资成立公司，出让市场份额比例吸引投资，购7种设备开始生产与销售氢能源和燃料电池汽车，公司运行成功后，公司增值，转让部分股份获取转让资金还银行贷款。如此复制，直到国内3229个城市。跟银行合作，目的就是有资金、技术和垄断市场再次吸引民间资本，取之于民、用之于民，让更多的精英参与其中。

11结束语

本文从加氢站入手，阐述了与石油产业一样的工艺流程，说明石油产业的成功也就是氢能源产业的成功案例，氢能替代石油能源，就是替代其终端市场上万亿的市场份额，吸引更多的投资者参与，我们才能完成“氢城氢国”任务。与此同时，我们可以先沿着“一带一路”国家复制，争取作为第二个“高铁”品牌在世界各地复制推广开来。

参考文献：

[1]沈军.一种再生能源制氢储氢供氢网络及由其构成的城市系统和国家系统[P].中国.CN201710072412.X.2017年.

[2]沈军.液态天然气加气站[P].中国.CN201210084602.0.2012年.

[3]沈军.一种整体式液态天然气加气站[P].中国.CN201310193388.7.2013年.

[4]沈军.一种加氢站网络设施及由其构成的H₂分布式能源[P].中国.CN201610838074.1.2016年.

[5]沈军.一种加气机和由其构成的加气站[P].中国.CN200910141153.7.2009年.

[6]沈军.车载储气瓶组拖车[P].中国.CN201410060518.4.2014年.

[7]沈军.一种车载储气瓶组拖车式加气站[P].中国.CN201410097130.1.2014年.

[8]沈军.氢能供应链[P].中国.CN201610529446.2.2016年.

[9]沈军.一种互联网加氢站平台及其应用[P].中国.CN201710235347.8.2017年.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/148366.html>